

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»  
Политехнический институт  
Кафедра «Машиностроение и материаловедение»

Утверждено на заседании кафедры  
«Машиностроение и материаловедение»  
«30» января 2023 г., протокол № 6

Зав. кафедрой

  
\_\_\_\_\_ А.В. Анцев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Материалы и технологии порошковой металлургии»**  
**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**22.04.02 Металлургия**

с направленностью (профилем)  
**Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов**

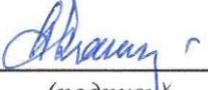
Форма обучения: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 220402-01-22

Тула 2023 год

## Разработчик методических указаний

Касимцев Анатолий Владимирович, профессор, д.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## Введение

Порошковая металлургия, наряду с другими наукоемкими и энергосберегающими отраслями промышленности, является одним из основных направлений развития современного, высокоэффективного производства технологически развитых стран мирового сообщества. В основе технологий порошковой металлургии лежит один из наиболее древних методов переработки рудного сырья в изделие – методковки порошкообразной (губчатой) массы металла, разогретой до 800–1 000 °С.

К переделам порошковой металлургии относятся следующие процессы: производство порошков с использованием методов, которые основаны на процессах механической или физико-химической обработки материалов, имеющих различное агрегатное состояние; формование пористых порошковых заготовок; спекание сформованных пористых материалов с целью придания им необходимых свойств.

Применяемые на практике методы и технологические режимы получения порошков определяют их химические, физические и технологические свойства. Порошки, близкие по химическому составу, могут иметь разные свойства, что сказывается на выборе режимов дальнейшего превращения порошка в готовые изделия.

Операции формования и спекания порошков являются завершающими операциями технологического цикла получения порошковых изделий. Именно на этих этапах формируются основные свойства порошковых материалов. Специфические особенности процессов получения изделий на основе порошков металлов и тугоплавких соединений требуют применения специальных режимов подготовки исходных шихтовых материалов, выбора наиболее эффективных методов формообразования и адекватных температурно-временных параметров процесса спекания.

Технологическая схема получения изделий методами порошковой металлургии включает ряд операций, которые предваряют или дополняют опе-

рации формования и спекания порошковых материалов и порошковых изделий: подготовка порошков к формованию (подбор фракционного состава порошков, смешивание, введение смазки, засыпка порошка в оболочку, обезгаживание, грануляция и пр.); послеформовочная доработка изделий (зачистка поверхности, удаление неликвидной части и пр.); обработка спекленного материала (механическая, химическая, химико-термическая и пр.); контроль свойств полученного материала.

Курс «Структурнонеоднородные и порошковые материалы» читается для студентов в рамках направления подготовки 150400 «Металлургия» профиль подготовки «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

В соответствии с требованиями к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки магистров обучающийся должен обладать знаниями о механизмах и закономерностях создания порошковых материалов, о связи технологических параметров со структурой и свойствами материалов. Он должен уметь ориентироваться в многообразии широко применяемых в настоящее время различных металлических и неметаллических порошках, их химических, физических, технологических свойствах и методах их оценки, а также в технологиях получения порошков различными способами, достоинствами, недостатками и основными областями применения этих способов получения порошков.

Данные методические указания должны использоваться при освоении разделов дисциплины, вынесенных на семинарские занятия, соответствующие разделы которых указаны в рабочей программе (на освоение отведено 24 часа).

Темы семинарских занятий:

1. Получение механолегированных порошков. Измельчение материалов в вибрационных, вихревых, планетарных и гороскопических мельницах.
2. Получение порошков ультразвуковым измельчением в жидких средах.
3. Получение порошков железа восстановлением химических соединений.

4. Получение порошков молибдена, титана и циркония восстановлением химических соединений.
5. Получение порошков тантала, ниобия, меди, кобальта, никеля и легированных сплавов.
6. Восстановление химических соединений металлов из растворов солей и газообразных соединений металлов.
7. Общие закономерности процессов формования порошков.
8. Холодное и горячее изостатическое прессование порошков.
9. Вибрационное формование порошков.
10. Твердофазное спекание материалов.
11. Жидкофазное спекание материалов.
12. Обработка порошковых изделий.

Подготовка содержания конспекта и изучение указанных тем ведётся с помощью изучения и анализа предложенной ниже литературы и выработки знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

На семинарских занятиях студенты делают доклады по выбранным им темам и проходит обсуждение рассматриваемого материала.

#### Список литературы

1. [Герман, Р.](#) Порошковая металлургия от А до Я : учеб.-справ. руководство / Р. Герман ; пер.с англ. Г. А. Либенсона, О. В. Падалко; под ред. О. В. Падалко .— Долгопрудный : Интеллект, 2009. — 336 с.: ил. — Библиогр.: с. 320 .— Предм. указ.: с. 321-335 .— ISBN 978-5-91559-021-1 (в пер.) .— ISBN 1-85617-429-8 (англ.) . - 5 экз.
2. Специальное материаловедение : учеб. пособие для вузов / В. Я. Черных [и др.]. — СПб.: Гиорд, 2007 .— 264 с. — ISBN 5-98879-028-3 - 5 экз.
3. [Гуляев, А. П.](#) Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Альянс, 2011. — 644 с - ISBN 978-5-903034-98-7 - 5 экз.

4. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / Б. Н. Бабич [и др.]; под ред. Ю. В. Левинского. — М.: ЭКОМЕТ, 2005. — 520с.: ил. — ISBN 5-89594-122-2 - 5 экз.
5. Ржевская, С. В. Материаловедение: учебник для вузов / С. В. Ржевская. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Логос, 2006. — 424 с. — ISBN 5-98704-149-X — 3 экз.
6. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: учеб.-справ. руководство / В. А. Струк [и др.]. — Долгопрудный: Интеллект, 2010. — 536 с. - ISBN 978-5-91559-068-6 – 55 экз.
7. Технология конструкционных материалов (Технологические процессы в машиностроении): в 4-х ч. / под ред. Э.М. Соколова; С.А. Васина; Г.Г. Дубенского. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2007.
- Ч.1: Машиностроительные материалы : учебник для вузов / Е. В. Гринберг, Г. В. Маркова, В. А. Алферов.- 2007. – 475 с. - ISBN 978-5-7679-1056-4 – 21 экз.
8. Рогов, В. А. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для вузов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. — М.: Академия, 2008. — 331 с. — ISBN 978-5-7695-4254-1. - 17 экз.

#### Периодические издания

1. Перспективные материалы / РАН; Минобразования РФ. - М.: Интерконтакт Наука, – *На рус. яз. - Выходит 6 раз в год (до 2012 г.).- Россия - ISSN 1028-978X*
2. Вопросы материаловедения: Научно-технический журнал / ЦНИИКМ. — СПб.: Прометей, *На рус. яз. - Выходит 4 раза в год (до 2012 г.).- Россия - ежеквартально. - ISSN 0132-4535.*
3. Проблемы прочности: международный научно-технический журнал / Институт проблем прочности НАН Украины – Киев. *На рус. яз.- Выходит 6 раз в год. – Россия - ISSN 0556-171X.*
4. Материаловедение: научно-технический и производственный журнал - М.: ООО "Наука и технологии", *На рус. яз. - Выходит 12 раза в год.- Россия - ежемесячно .— ISSN 1684-579X.*

## Интернет-ресурсы

1. *Электронный читальный зал «БИБЛИОТЕХ»:* учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. С экрана
2. ЭБС [IPRBooks](http://www.iprbookshop.ru/) универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана
3. ЭБС [издательства «Юрайт»](http://biblio-online.ru).- Режим доступа: <http://biblio-online.ru>, по паролю.- Загл. с экрана.
4. Научная Электронная Библиотека [eLibrary](http://elibrary.ru/) - библиотека электронной периодики.- Режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
5. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана.
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru>. - Загл. с экрана.